

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-025095

(43)Date of publication of application : 26.01.2001

(51)Int.Cl.

H04R 21/02

(21)Application number : 11-190610

(71)Applicant : HOKURIKU ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 05.07.1999

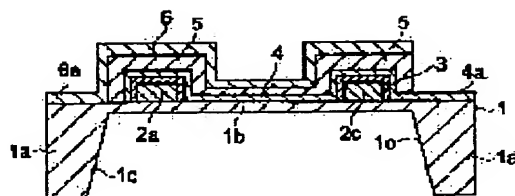
(72)Inventor : FUKUHISA KOJI

## (54) SELF-EXCITING MICROPHONE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily make a self-exciting microphone small in size and light in weight by constituting it of a diaphragm, one or more vibration detection elements the electric characteristics of which are changed according to vibration of the diaphragm formed on the diaphragm and a vibration generating means to vibrate the diaphragm with mechanical resonance frequency of the diaphragm.

SOLUTION: Pulse voltage with specified frequency to vertically vibrate the silicon diaphragm 1b with its mechanical resonance frequency is impressed on an lower electrode 4 and an upper electrode 6 on both surfaces of a piezoelectric ceramics layer 5. Contraction and extension are repeated by the piezoelectric ceramics layer 5 and in accordance with them, the silicon diaphragm 1b is vertically vibrated with the mechanical resonance frequency. When sound reaches here, amplitude of the silicon diaphragm 1b changes according to the intensity of sound pressure. The vibration of the silicon diaphragm 1b is grasped as the change of resistor values and a large voltage signal is outputted according to the sound pressure by piezo resistive elements 2a to 2d. Thus the, diameter of the silicon diaphragm 1b is reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.07.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to a self-excitation mold microphone especially about a microphone.

[0002]

[Description of the Prior Art] There are a capacitor microphone and a dynamic microphone in a well-known typical microphone.

[0003] The capacitor microphone has the structure which is established so that the movable electrode formed on the diaphragm made from plastics which is a diaphragm, this movable electrode, and the fixed electrode which counters may maintain a certain distance and may counter, and forms an parallel plate capacitor. DC power supply are beforehand connected to this parallel plate capacitor, and the charge is accumulated. In a capacitor microphone, if voice reaches a diaphragm, a diaphragm will vibrate with sound pressure. Then, distance with the fixed electrode which countered with the movable electrode formed on the diaphragm and this movable electrode, and was prepared changes, and the electrostatic capacity of an parallel plate capacitor changes. And change of this electrostatic capacity is changed into an electrical signal, and a sound signal is acquired.

[0004] On the other hand, the voice coil is being fixed to the diaphragm which vibrates with sound pressure, and the dynamic microphone has the structure where the permanent magnet was installed so that this voice coil might be penetrated. In a dynamic microphone, if voice reaches a diaphragm, a diaphragm will vibrate with sound pressure. Then, the magnetic flux which the voice coil interlocked together with the diaphragm and has come out from the permanent magnet is cut, and the induced current flows to a voice coil. And a sound signal is acquired based on this induced current.

[0005] Outstanding frequency characteristics and the outstanding formation of small lightweight are demanded of the capacitor microphone and dynamic microphone which were mentioned above.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in satisfying the demand mentioned above, the trouble indicated below exists.

[0007] First, a capacitor microphone and a dynamic microphone need a big comparison diaphragm. Since structure is still more complicated, a miniaturization and lightweight-izing of the body of a microphone are difficult.

[0008] Moreover, since the dimension of a diaphragm is large, a mechanical resonance point will tend to appear near the audible band, and frequency characteristics will be restricted to the resonance point. When using it into a liquid furthermore, a thick and hard diaphragm will be used so that a diaphragm may not start poor deformation or a malfunction. This reduces various kinds of properties, such as sensibility of a microphone, frequency characteristics, and the temperature characteristic.

[0009] The purpose of this invention has small lightweight-ization in offering an easy self-excitation mold microphone.

[0010]

[Means for Solving the Problem] The self-excitation mold microphone of this invention consists of a diaphragm, one or more oscillating sensing elements from which it is formed on a diaphragm and electrical characteristics change according to vibration of a diaphragm, and an oscillating generating means to vibrate a diaphragm with the machine resonance frequency of a diaphragm. The piezoresistive element from which resistance changes as an oscillating sensing element according to vibration added, for example can be used. Moreover, the piezoelectric device which generates a spontaneous polarization charge according to vibration added as an oscillating sensing element can also be used. If a diaphragm is vibrated with machine resonance frequency with an oscillating generating means, the internal energy of a diaphragm will become the maximum (internal impedance set to 0), if sound pressure (external energy) joins a diaphragm, it will respond to the reinforcement of sound pressure, and the amplitude of a diaphragm will amplify or increase greatly. When an oscillating detection means is a piezoresistive element, change of the amplitude of a diaphragm is detected as change of the electric resistance of the crystal of a piezoresistive element. If the signal component based on machine resonance frequency is removed from the electrical signal based on change of this electric resistance, the sound signal according to sound pressure can be acquired. Since what is necessary is just to vibrate a diaphragm with machine resonance frequency according to this invention, the diameter size method of a diaphragm can be made small and a miniaturization and lightweight-ization are attained.

[0011] Moreover, when an oscillating detection means is a piezoelectric device, a spontaneous polarization charge is transformed into a voltage signal or a current signal, and same processing is performed.

[0012] Since the piezoresistive element mentioned above can be formed using a well-known semi-conductor manufacturing technology, small lightweight-ization of a self-excitation mold microphone becomes easy. A quartz resonator may constitute the diaphragm of a self-excitation mold microphone, and you may make it serve a double purpose as an oscillating generating means which mentioned this quartz resonator above further. By taking this configuration, the mark of the components which constitute a self-excitation mold microphone are reduced, and small lightweight-ization of a self-excitation mold microphone can be promoted further.

[0013] Moreover, the more concrete self-excitation mold microphone of this invention consists of a silicon diaphragm, one or more piezoresistive elements by which the impurity was formed in a part of silicon diaphragm by being spread, an insulating thin film formed on the silicon diaphragm so that the exposure of a piezoresistive element might be covered, and an oscillating generating means to vibrate a diaphragm with the machine resonance frequency of a diaphragm. A silicon diaphragm here is a diaphragm formed using the well-known semi-conductor processing technique from the silicon wafer. By using a diaphragm as a silicon diaphragm, a well-known semi-conductor manufacturing technology can be applied to the production process of a diaphragm, and the formation of small lightweight and thin-shape-izing of a diaphragm are attained. The silicon wafer used for a silicon diaphragm may use the SIMOX wafer with which the oxide film is beforehand embedded to the interior of a silicon wafer in the state of BEAWEHA. Moreover, an oxide film may be formed on a silicon wafer and the SOI wafer which grew up the silicon crystal on the oxide film further may be used. An insulating thin film can use SiON, SiO<sub>2</sub>, SiN, etc.

[0014] As the above-mentioned oscillating generating means, the thing in which the electrostrictive ceramics layer was formed on the silicon diaphragm may be used. Of course, the electrode pattern is formed in both sides of an electrostrictive ceramics layer. If a periodic pulse voltage is impressed to the electrostrictive ceramics layer on a silicon diaphragm, electrostrictive ceramics will repeat compression and elongation. It is determined that the period of a pulse voltage becomes the machine resonance frequency of the silicon diaphragm which vibrates with compression and elongation. The ejection of the sound signal in this case is the same as the above-mentioned.

[0015] As for the piezoresistive element formed on a silicon diaphragm, it is desirable to form so that it may become a bridge circuit by four. If such circuitry is adopted, each piezoresistive

element is combined, and sound pressure can be detected by things, without receiving effect in change of ambient temperature so that an output may serve as max.

[0016]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, an example of the gestalt of operation of this invention is explained to a detail with reference to a drawing.

[0017] Drawing 1 is drawing of longitudinal section which is an example of the gestalt of operation of this invention and in which showing roughly the structure of the principal part of a self-excitation mold microphone. As shown in drawing 1, the self-excitation mold microphone is equipped with the diaphragm member 1 formed from the silicon wafer. This diaphragm member 1 consists of silicon diaphragm 1b supported by annular diaphragm base section 1a and diaphragm base section 1a.

[0018] On silicon diaphragm 1b, it is formed so that a resistance bridge circuit as four piezoresistive element 2a as an oscillating sensing element thru/or 2d show to drawing 2 may be constituted. When four piezoresistive element 2a thru/or the resistance of 2d vibrates so that silicon diaphragm 1b may go direct with the direction of a field, the voltage signal outputted from a resistance bridge circuit is set to become as large as possible.

[0019] On piezoresistive element 2a thru/or 2d, the insulating thin film 3 which consists of SiO<sub>2</sub>, SiN, SiON, etc. is formed in the front face of silicon diaphragm 1b and base 1a so that piezoresistive element 2a thru/or a 2d exposure may be covered.

[0020] The ohms-connection pattern for connecting the connection pattern which connects each piezoresistive element mutually, and the node and output electrode of a resistance bridge circuit has omitted illustration. In addition, the ohms-connection pattern which is not illustrated is also covered with the insulating thin film 3.

[0021] 4 is the bottom electrode formed with thin film electrical conducting materials, such as ITO. The electrostrictive ceramics layer 5 is formed on the bottom electrode 4. Furthermore on the electrostrictive ceramics layer 5, the top electrode 6 which consists of Ag, Au, etc. is formed. If, as for the electrostrictive ceramics layer 5, the pulse voltage of a predetermined period is impressed between the bottom electrode 4 and the top electrode 6 by performing polarization processing between the bottom electrode 4 and the top electrode 6, the electrostrictive ceramics layer 5 will vibrate on a predetermined frequency. The oscillating generating means is constituted from this example by the bottom electrode 4, the electrostrictive ceramics layer 5, and the top electrode 6.

[0022] Next, the manufacture approach of the self-excitation mold microphone mentioned above is explained in order of a production process.

[0023] First, as anisotropic etching shows to drawing 1 from the inferior-surface-of-tongue side of a silicon wafer, opening is carried out toward the bottom, diaphragm crevice 1c is formed and the diaphragm member 1 is formed so that a longitudinal-section configuration may make a trapezoid.

[0024] Next, SiO<sub>2</sub>, SiN, and SiON-ized processing are performed for the whole front face of the diaphragm member 1. Next, epitaxial growth of the silicon material, such as single crystal silicon, polycrystalline silicon, and an amorphous silicon, is carried out on silicon diaphragm 1b. And an impurity is diffused and piezoresistive element 2a thru/or 2d are formed in the interior of the silicon which carried out epitaxial growth.

[0025] Next, in order to connect each piezoresistive element mutually and to connect the node and output electrode of a resistance bridge circuit, an ohms-connection pattern (not shown) is formed. An ohms-connection pattern is formed with the sputtering method, a vacuum deposition method, etc. using a transparent electrode (ITO) etc.

[0026] Next, the insulating thin films 3, such as SiO<sub>2</sub>, SiN, and SiON, are formed using thin film coating technology including a CVD method so that piezoresistive element 2a formed on diaphragm 1b thru/or a 2d exposure, and the ohms-connection pattern which is not illustrated may be covered.

[0027] Next, the sputtering method and a vacuum deposition method are formed for the bottom electrode 4 on the insulating thin film 3, on it, the sputtering method is used and the electrostrictive ceramics layer 5 is formed. Finally, the top electrode 6 is formed on the

electrostrictive ceramics layer 5. In addition, in drawing 1 , 4a and 6a are polar zone.

[0028] Next, actuation of the self-excitation mold microphone of the gestalt of this operation is explained. The greatest description of this invention is by the electrostrictive ceramics layer's 5 vibrating diaphragm 1b with the machine resonance frequency of diaphragm 1b, making internal energy of diaphragm 1b the maximum condition, and changing the amplitude of diaphragm 1b with the sound pressure added there to acquire the amplified sound signal.

[0029] In drawing 1 , the pulse voltage of the predetermined frequency for vibrating diaphragm 1b up and down with the machine resonance frequency to the electrodes 4 and 6 of both sides of the electrostrictive ceramics layer 5 is impressed to a detail. Thereby, the electrostrictive ceramics layer 5 repeats contraction and elongation, and silicon diaphragm 1b vibrates up and down with machine resonance frequency with this contraction and elongation. Vibration of silicon diaphragm 1b is regarded as a resistance value change in piezoresistive element 2a thru/or 2d.

[0030] If voice reaches silicon diaphragm 1b which is vibrating with machine resonance frequency, the amplitude of silicon diaphragm 1b will change according to the strength of sound pressure. And change of the amplitude of diaphragm 1b is regarded as a resistance value change in piezoresistive element 2a thru/or 2d. A sound signal is acquired by removing the signal component based on machine resonance frequency from the electrical signal based on a resistance value change.

[0031] In addition, a quartz resonator may be used instead of silicon diaphragm 1b mentioned above. If the seal of approval of the electrical potential difference which changes on a predetermined frequency is carried out, since a quartz resonator will vibrate on the frequency according to this frequency, even if it does not use the oscillating generating means which consists of an electrostrictive ceramics layer 5 used with the gestalt of operation mentioned above, diaphragm 1b itself can be made to serve a double purpose as an oscillating generating means. Thereby, the structure of the self-excitation mold microphone of this invention is not only simplified more, but can lessen a production process.

[0032] In addition, formation of crevice 1c may be made into the last contrary to the order of a production process mentioned above. That is, piezoresistive element 2a thru/or 2d are first formed on a silicon wafer, and the insulating thin film 3 is formed so that piezoresistive element 2a thru/or a 2d exposure may be covered. Then, crevice 1c of a configuration as performed anisotropic etching from the inferior surface of tongue of a silicon wafer and shown in drawing 1 may be formed.

[0033] Moreover, a silicon wafer with which the oxide film is formed in the interior of a wafer in the state of BEAWEHA, for example, a SIMOX wafer, may be used for the silicon wafer used for the diaphragm member 1. Moreover, the SOI wafer which grew up the silicon crystal into predetermined thickness may be used on the oxide film which formed and formed the oxide film on the silicon wafer.

[0034] When formed on silicon diagram 1b, piezoresistive element 2a formed in silicon diaphragm 1b as above-mentioned thru/or 2d are formed so that a resistance bridge circuit as shown in drawing 2 may be constituted. It is determined that the voltage signal outputted from a bridge circuit becomes as large as possible when the amplitude of silicon diaphragm 1b changes with sound pressure as for the resistance of each piezoresistive element.

[0035] The circuitry is [that there should just be the 1 more than number of piezoresistive elements] arbitrary although four piezoresistive elements were used as an oscillating sensing element with the gestalt of operation mentioned above. Moreover, the piezoelectric device which generates a spontaneous polarization charge as an oscillating sensing element according to added vibration can be used.

[0036]

[Effect of the Invention] According to this invention, since what is necessary is just to vibrate a diaphragm with machine resonance frequency, the diameter size method of a diaphragm can be made small. Thereby, a miniaturization and lightweight-izing of a microphone are attained. Moreover, by a quartz resonator's constituting a diaphragm and making this quartz resonator serve a double purpose as an oscillating generating means further, the mark of the components which constitute a self-excitation mold microphone are reduced, and a self-excitation mold

microphone can be further formed into small lightweight. Since a silicon diaphragm is furthermore vibrated with machine resonance frequency according to this invention, if the differential pressure of the vibrating top face of a silicon diaphragm and inferior surface of tongue is detected, it can be used also for various flowmeters and a pressure sensor.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-25095

(P 2 0 0 1 - 2 5 0 9 5 A)

(43) 公開日 平成13年1月26日 (2001. 1. 26)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

H04R 21/02

識別記号

F I

H04R 21/02

テマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平11-190610

(22) 出願日 平成11年7月5日 (1999. 7. 5)

(71) 出願人 000242633

北陸電気工業株式会社

富山県上新川郡大沢野町下大久保3158番地

(72) 発明者 福久 孝治

富山県上新川郡大沢野町下大久保3158番地

北陸電気工業株式会社内

(74) 代理人 100091443

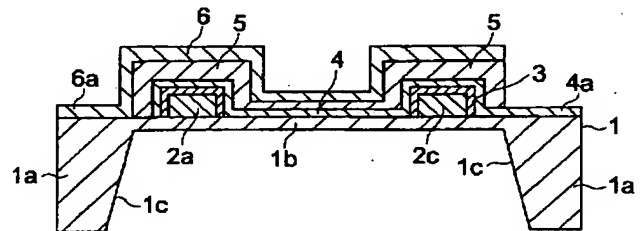
弁理士 西浦 ▲嗣▼晴

(54) 【発明の名称】 自励振型マイクロフォン

(57) 【要約】

【課題】 小型軽量化が容易であり、また流量計、圧力センサにも使用可能な自励振型マイクロフォンを提供する。

【解決手段】 シリコンダイアフラム 1 b の上に 4 つのピエゾ抵抗素子 2 a 乃至 2 d を形成する。ピエゾ抵抗素子 2 a 乃至 2 d の露出面を覆うようにシリコンダイアフラム 1 b の上に絶縁性薄膜 3 を形成した後、ピエゾ抵抗素子の上に下側電極 4、圧電セラミックス層 5、上側電極 6 を形成する。





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ダイアフラムと、  
前記ダイアフラム上に形成され前記ダイアフラムの振動  
に応じて電気的特性が変化する 1 以上の振動検出素子  
と、  
前記ダイアフラムの機械共振周波数で前記ダイアフラム  
を振動させる振動発生手段とからなる自励振型マイクロ  
フォン。

【請求項 2】 前記振動検出素子は、加わる振動に応じ  
て抵抗値が変化するピエゾ抵抗素子からなる請求項 1 に  
記載の自励振型マイクロフォン。

【請求項 3】 前記振動検出素子は、加わる振動に応じ  
て自発分極電荷を発生する圧電素子からなる請求項 1 に  
記載の自励振型マイクロフォン。

【請求項 4】 前記ダイアフラムが水晶振動子によって  
構成されており、  
前記水晶振動子が前記振動発生手段として兼用されるこ  
とを特徴とする請求項 1 に記載の自励振型マイクロフォ  
ン。

【請求項 5】 シリコンダイアフラムと、  
前記シリコンダイアフラムの一部に不純物が拡散されて  
形成された 1 以上のピエゾ抵抗素子と、  
前記ピエゾ抵抗素子の露出面を覆うように前記シリコン  
ダイアフラム上に形成された絶縁性薄膜と、  
前記ダイアフラムの機械共振周波数で前記ダイアフラム  
を振動させる振動発生手段と、からなる自励振型マイク  
ロフォン。

【請求項 6】 前記振動発生手段が、前記シリコンダイ  
アフラム上に形成された圧電セラミックス層からなる請  
求項 5 に記載の自励振型マイクロフォン。

【請求項 7】 シリコンダイアフラムと、  
前記シリコンダイアフラムの一部に不純物が拡散されて  
形成された 1 以上のピエゾ抵抗素子と、  
前記ピエゾ抵抗素子の露出面を覆うように前記シリコン  
ダイアフラム上に形成された絶縁性薄膜と、  
前記絶縁性薄膜を覆うように前記シリコンダイアフラム  
上に形成され、外部信号に応じて振動する圧電セラミッ  
クス層とからなる自励振型マイクロフォン。

【請求項 8】 4 つの前記ピエゾ抵抗素子がブリッジ回  
路を構成するように前記シリコンダイアフラム上に形成  
されていることを特徴とする請求項 7 に記載の自励振型  
マイクロフォン。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明が属する技術分野】本発明はマイクロフォンに関  
するものであり、特に自励振型マイクロフォンに関する  
ものである。

## 【0002】

【従来の技術】公知の代表的なマイクロフォンには、コ  
ンデンサマイクロフォン及びダイナミックマイクロフォ

ンがある。

【0003】コンデンサマイクロフォンは、振動板であ  
るプラスチック製のダイアフラムの上に形成された可動  
電極とこの可動電極と対向する固定電極とが、ある距離  
を保って対向するように設けられて平行平板コンデンサ  
を形成する構造を有している。この平行平板コンデンサ  
には予め直流電源が接続されていて電荷が蓄積されてい  
る。コンデンサマイクロフォンでは、ダイアフラムに音  
声が到達すると音圧によってダイアフラムが振動する。  
すると、ダイアフラムの上に形成された可動電極とこの  
可動電極と対向して設けられた固定電極との距離が変化  
して平行平板コンデンサの静電容量が変化する。そし  
て、この静電容量の変化を電気信号に変換して音声信号  
を得る。

【0004】これに対して、ダイナミックマイクロフォ  
ンは、音圧によって振動するダイアフラムにボイスコイ  
ルが固定されており、このボイスコイルを貫通するよう  
に永久磁石が設置された構造を有している。ダイナミッ  
クマイクロフォンでは、ダイアフラムに音声が到達する  
と音圧によってダイアフラムが振動する。すると、ダイ  
アフラムと一緒にボイスコイルが連動して永久磁石より  
出ている磁束が切れ、ボイスコイルに誘導電流が流れ  
る。そして、この誘導電流に基づいて音声信号を得る。

【0005】上述したコンデンサマイクロフォン及びダイ  
ナミックマイクロフォンには優れた周波数特性及び小  
型軽量化が要求されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述し  
た要求を満足するに当たっては、以下に記載する問題点  
が存在する。

【0007】まず、コンデンサマイクロフォン及びダイ  
ナミックマイクロフォンともに比較的大きなダイアフラ  
ムを必要とする。さらに構造が複雑なためマイクロフォ  
ン本体の小型化及び軽量化が難しい。

【0008】また、ダイアフラムの寸法が大きいために  
機械的共振点が高可聴帯域近傍に現れやすく、周波数特  
性が共振点に制限されてしまう。さらに液体中において使  
用する場合は、ダイアフラムが変形不良または動作不良  
を起こさないように、厚く且つ硬いダイアフラムを用い  
ることになる。これは、マイクロフォンの感度、周波数  
特性、温度特性等の各種の特性を低下させる。

【0009】本発明の目的は、小型軽量化が容易な自励  
振型マイクロフォンを提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の自励振型マイク  
ロフォンは、ダイアフラムと、ダイアフラム上に形成さ  
れダイアフラムの振動に応じて電気的特性が変化する 1  
以上の振動検出素子と、ダイアフラムの機械共振周波数  
でダイアフラムを振動させる振動発生手段とから構成さ  
れている。振動検出素子としては、例えば加わる振動に

応じて抵抗値が変化するピエゾ抵抗素子を用いることができる。また、振動検出素子としては加わる振動に応じて自発分極電荷を発生する圧電素子を用いることもできる。ダイアフラムを振動発生手段により機械共振周波数で振動をさせるとダイアフラムの内部エネルギーは極大になり（内部インピーダンスが0になり）、ダイアフラムに音圧（外部エネルギー）が加わると音圧の強度に応じてダイアフラムの振動振幅が大きく増幅または増大する。振動検出手段がピエゾ抵抗素子の場合、ダイアフラムの振動振幅の変化がピエゾ抵抗素子の結晶の電気抵抗の変化として検出される。この電気抵抗の変化に基づく電気信号から機械共振周波数に基づく信号成分を除けば音圧に応じた音声信号を得ることができる。本発明によればダイアフラムを機械共振周波数で振動させておけばよいので、ダイアフラムの径寸法を小さくすることができ、小型化及び軽量化が可能になる。

【0011】また、振動検出手段が圧電素子の場合には自発分極電荷を電圧信号または電流信号に変換して同様の処理を行う。

【0012】上述したピエゾ抵抗素子は公知の半導体製造技術を用いて形成することができるので、自励振型マイクロフォンの小型軽量化が容易になる。自励振型マイクロフォンのダイアフラムを水晶振動子によって構成し、更にこの水晶振動子を上述した振動発生手段として兼用してもよい。この構成をとることにより、自励振型マイクロフォンを構成する部品の点数が削減され、自励振型マイクロフォンの小型軽量化を更に促進できる。

【0013】また、本発明のより具体的な自励振型マイクロフォンは、シリコンダイアフラムと、シリコンダイアフラムの一部に不純物が拡散されて形成された1以上のピエゾ抵抗素子と、ピエゾ抵抗素子の露出面を覆うようにシリコンダイアフラムの上に形成された絶縁性薄膜と、ダイアフラムの機械共振周波数でダイアフラムを振動させる振動発生手段とから構成する。ここでいうシリコンダイアフラムとは、シリコンウェハから公知の半導体加工技術を用いて形成されたダイアフラムである。ダイアフラムをシリコンダイアフラムとすることで、ダイアフラムの製造工程に公知の半導体製造技術が適用でき、ダイアフラムの小型軽量化及び薄型化が可能になる。シリコンダイアフラムに用いるシリコンウェハはベアウェハの状態ですべてシリコンウェハの内部に酸化膜が埋め込まれているS I M O Xウェハを用いてもよい。またシリコンウェハの上に酸化膜を形成し、さらに酸化膜の上にシリコン結晶を成長させたS O Iウェハを用いてもよい。絶縁性薄膜はS i O<sub>2</sub>、S i N等を用いることができる。

【0014】上記の振動発生手段としては、シリコンダイアフラム上に圧電セラミックス層を形成したものでもよい。圧電セラミックス層の両面には電極パターンが形成されているのは勿論である。シリコンダイアフラム上

の圧電セラミックス層に周期的パルス電圧が印加されると、圧電セラミックスは圧縮及び伸張を繰り返す。パルス電圧の周期は圧縮及び伸張に伴って振動するシリコンダイアフラムの機械共振周波数になるように定められている。この場合の音声信号の取り出しは前述と同じである。

【0015】シリコンダイアフラム上に形成されるピエゾ抵抗素子は、4つでブリッジ回路となるように形成するのが好ましい。このような回路構成を採用すると、出力が最大となるように各ピエゾ抵抗素子を組み合わせることにより、周辺温度の変化に影響を受けることなく音圧を検出することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例を詳細に説明する。

【0017】図1は本発明の実施の形態の一例である、自励振型マイクロフォンの主要部の構造を概略的に示す縦断面図である。図1に示すように自励振型マイクロフォンは、シリコンウェハから形成されたダイアフラム部材1を備えている。このダイアフラム部材1は環状のダイアフラムベース部1aとダイアフラムベース部1aに支持されたシリコンダイアフラム1bとから構成されている。

【0018】シリコンダイアフラム1bの上には、振動検出素子としての4つのピエゾ抵抗素子2a乃至2dが図2に示すような抵抗ブリッジ回路を構成するように形成されている。4つのピエゾ抵抗素子2a乃至2dの抵抗値はシリコンダイアフラム1bがその面方向と直行するように振動したときに抵抗ブリッジ回路から出力される電圧信号ができるだけ大きくなるように定められている。

【0019】ピエゾ抵抗素子2a乃至2dの上には、ピエゾ抵抗素子2a乃至2dの露出面を覆うようにシリコンダイアフラム1bとベース1aとの表面にS i O<sub>2</sub>、S i N、S I O N等からなる絶縁性薄膜3が形成されている。

【0020】各ピエゾ抵抗素子を相互に接続する接続パターン及び抵抗ブリッジ回路の接続点と出力電極とを接続するための抵抗接続パターンは図示を省略してある。なお、図示しない抵抗接続パターンも絶縁性薄膜3により覆われている。

【0021】4はI T O等の薄膜導電材料によって形成された下側電極である。下側電極4の上には圧電セラミックス層5が形成されている。さらに圧電セラミックス層5の上にはA g、A u等からなる上側電極6が形成されている。圧電セラミックス層5は下側電極4と上側電極6との間に分極処理が施されていて、下側電極4と上側電極6との間に所定の周期のパルス電圧が印加されると、圧電セラミックス層5は所定の周波数で振動する。この例では下側電極4と、圧電セラミックス層5と、上

10

20

30

40

50

側電極 6 とにより振動発生手段が構成されている。

【0022】次に、上述した自励振型マイクロフォンの製造方法を製造工程順に説明する。

【0023】まず、シリコンウェハの下面側から異方性エッチングにより図 1 に示すように下に向かって開口し、縦断面形状が台形をなすようにダイアフラム凹部 1 c を形成してダイアフラム部材 1 を形成する。

【0024】次に、ダイアフラム部材 1 の表面全体を  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{SiON}$  化する処理を施す。次に、シリコンダイアフラム 1 b の上に単結晶シリコン、多結晶シリコン、アモルファスシリコン等のシリコン材をエピタキシャル成長させる。そして、エピタキシャル成長させたシリコン内部に不純物を拡散させてピエゾ抵抗素子 2 a 乃至 2 d を形成する。

【0025】次に、各ピエゾ抵抗素子を相互に接続し、また抵抗ブリッジ回路の接続点と出力電極とを接続するために抵抗接続パターン（図示せず）を形成する。抵抗接続パターンは、例えば透明電極（ITO）等を用いてスパッタリング法、真空蒸着法等で形成する。

【0026】次に、ダイアフラム 1 b の上に形成されたピエゾ抵抗素子 2 a 乃至 2 d の露出面及び図示しない抵抗接続パターンを覆うように  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 、 $\text{SiON}$  等の絶縁性薄膜 3 を CVD 法をはじめとする薄膜形成技術を用いて成膜する。

【0027】次に、絶縁性薄膜 3 の上に下側電極 4 をスパッタリング法や真空蒸着法を形成し、その上に圧電セラミックス層 5 をスパッタリング法を用いて形成する。最後に、圧電セラミックス層 5 の上に上側電極 6 を形成する。なお、図 1 において 4 a 及び 6 a は電極部である。

【0028】次に、本実施の形態の自励振型マイクロフォンの動作を説明する。本発明の最大の特徴は、圧電セラミックス層 5 がダイアフラム 1 b をダイアフラム 1 b の機械共振周波数で振動させてダイアフラム 1 b の内部エネルギーを極大の状態としておき、そこに加わる音圧でダイアフラム 1 b の振幅を変化させることにより、増幅した音声信号を得ることにある。

【0029】詳細には、図 1 において、圧電セラミックス層 5 の両面の電極 4 及び 6 にダイアフラム 1 b をその機械共振周波数で上下に振動させるための所定の周波数のパルス電圧を印加する。これにより、圧電セラミックス層 5 は収縮及び伸張を繰り返し、この収縮及び伸張に伴いシリコンダイアフラム 1 b は機械共振周波数で上下に振動する。シリコンダイアフラム 1 b の振動はピエゾ抵抗素子 2 a 乃至 2 d において抵抗値の変化として捉えられる。

【0030】機械共振周波数で振動しているシリコンダイアフラム 1 b に音声信号が到達すると、音圧の強弱に応じてシリコンダイアフラム 1 b の振幅が変化する。そしてダイアフラム 1 b の振幅の変化がピエゾ抵抗素子 2 a 乃至 2 d において抵抗値の変化として捉えられる。

至 2 d において抵抗値の変化として捉えられる。音声信号は、機械共振周波数に基づく信号成分を抵抗値の変化に基づく電気信号から除去することにより得られる。

【0031】なお、上述したシリコンダイアフラム 1 b の代わりに水晶振動子を用いてもよい。水晶振動子は所定の周波数で変化する電圧が印可されると、この周波数に応じた周波数で振動するため、上述した実施の形態で用いている圧電セラミックス層 5 からなる振動発生手段を用いなくてもダイアフラム 1 b それ自体を振動発生手段として兼用することができる。これにより、本発明の自励振型マイクロフォンの構造がより簡素化されるばかりでなく製造工程を少なくすることができる。

【0032】なお、上述した製造工程順とは逆に、凹部 1 c の形成を最後にしてもよい。即ち、最初にシリコンウェハ上にピエゾ抵抗素子 2 a 乃至 2 d を形成し、ピエゾ抵抗素子 2 a 乃至 2 d の露出面を覆うように絶縁性薄膜 3 を形成する。その後、シリコンウェハの下面から異方性エッチングを施して図 1 に示すような形状の凹部 1 c を形成してもよい。

【0033】また、ダイアフラム部材 1 に用いるシリコンウェハは、ベアウェハの状態で酸化膜がウェハの内部に形成されているようなシリコンウェハ、例えば SIMOX ウェハを用いてもよい。また、シリコンウェハの上に酸化膜を形成し、形成した酸化膜の上にシリコン結晶を所定の厚さに成長させた SOI ウェハを用いてもよい。

【0034】前述の通り、シリコンダイアフラム 1 b に形成されたピエゾ抵抗素子 2 a 乃至 2 d は、シリコンダイアフラム 1 b 上に形成されたときに、図 2 に示すような抵抗ブリッジ回路を構成するように形成されている。各々のピエゾ抵抗素子の抵抗値は、音圧によってシリコンダイアフラム 1 b の振幅が変化したときに、ブリッジ回路から出力される電圧信号ができるだけ大きくなるように定められている。

【0035】上述した実施の形態では、振動検出素子として 4 つのピエゾ抵抗素子を用いたが、ピエゾ抵抗素子の数は 1 以上あればよく、またその回路構成は任意である。また、振動検出素子としては、加わる振動に応じて自発分極電荷を発生する圧電素子を用いることができる。

【0036】

【発明の効果】本発明によれば、ダイアフラムを機械共振周波数で振動させておけばよいので、ダイアフラムの径寸法を小さくすることができる。これにより、マイクロフォンの小型化及び軽量化が可能になる。また、ダイアフラムを水晶振動子によって構成し、更にこの水晶振動子を振動発生手段として兼用することにより、自励振型マイクロフォンを構成する部品の点数が削減され、自励振型マイクロフォンを更に小型軽量化することができる。さらに本発明によれば、シリコンダイアフラムを機

械共振周波数で振動させるので、振動するシリコンダイアフラムの上面と下面との圧力差を検出すれば各種流量計、圧力センサにも使用することができる。

【図面の簡単な説明】

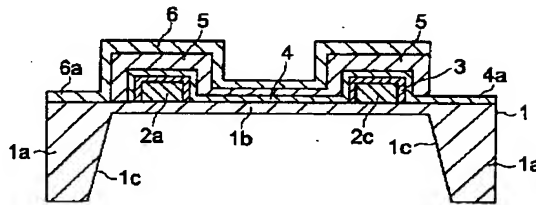
【図 1】 本発明による自励振型マイクロフォンの主要部の構造を概略的に示す縦断面図である。

【図 2】 4つのピエゾ抵抗素子をブリッジ回路としたときの回路図である。

【符号の説明】

- 1 ダイアフラム部材
- 1 a ダイアフラムベース部
- 1 b シリコンダイアフラム
- 1 c ダイアフラム凹部
- 2 a ~ 2 d ピエゾ抵抗素子
- 3 絶縁性薄膜
- 4 下側電極
- 5 圧電セラミックス層
- 6 上側電極

【図 1】



【図 2】

